

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN



(11)Publication number : 58-164135

(43)Date of publication of application : 29.09.1983

Int.Cl.

H01J 37/317

H01L 21/265

H01L 21/30

H01L 21/302

(21)Application number : 57-046292

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE &amp; TECHNOL

(22)Date of filing : 25.03.1982

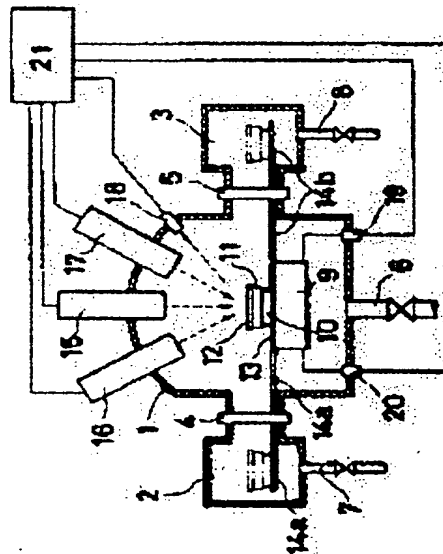
(72)Inventor : ASAKAWA KIYOSHI

## (54) SEMICONDUCTOR PROCESSING DEVICE USING CONVERGENT ION BEAM

## (57)Abstract:

PURPOSE: To aim at processing a high-quality semiconductor ever so speedily without any damage to that product, by using a convergent ion beam through which processing, observation and reconditioning for a sample are all conducted in regular sequence under the same high vacuum.

CONSTITUTION: A sample (semiconductor wafer) secured to a transfer cradle 10 inside a sample feed chamber 2 via a piezoelectric transducer 11 is transferred to the inside of a vacuum sample processing chamber 1 and secured to the specified position. After radiating with an ion beam out of an ion beam generating part 15 and forming plural pieces of adjusting patterns 35, the ion beam 30 is radiated to the sample and thereby etching the specified pattern is carried out in a maskless manner. Next, when an electron beam 37 out of the electron beam generating part 16 is radiated along a processing part (groove) 48, the thermal stress of a damaging spot increases in the processing part, which is therefore detected by the transducer 11 so that the degree of damage and deformation as well as space distribution in the sample become clear. Then, laser beams out of a laser beam generating part 17 are radiated along the processing part 48 and a defect in the foregoing processing outer layer is thermally reconditioned. The sample that gets through the processing and reconditioning is thus taken out via a delivery chamber 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—164135

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和58年(1983)9月29日

H 01 J 37/317

7129—5C

H 01 L 21/265

6851—5F

発明の数 1

21/30

6603—5F

審査請求 有

21/302

8223—5F

(全 6 頁)

⑮ 収束イオンビームを用いた半導体加工装置

⑯ 発明者 浅川 潔

川崎市中原区今井西町151—1

⑰ 特 願 昭57—46292

—306

⑱ 出 願 昭57(1982)3月25日

⑲ 出 願 人 工業技術院長

明 細 書

1. 発明の名称

収束イオンビームを用いた半導体加工装置

2. 特許請求の範囲

1. 真空装置内に半導体試料を加工する収束イオンビーム発生手段と、加工状態を監視する観察ビーム発生手段と、加工部分に生じた欠陥部を修復する修復ビーム発生手段を設け、この加工、観察、修復各ビーム発生手段を制御回路の指令で駆動し、観察ビーム発生手段で得られた信号に基づき上記制御回路で修復ビーム発生手段の出力を強弱に制御することを特徴とする収束イオンビームを用いた半導体加工装置。
2. 上記観察ビーム発生手段は電子ビーム発生器である特許請求の範囲第1項に記載の半導体加工装置。
3. 上記観察ビーム発生手段はレーザービーム発生器である特許請求の範囲第1項に記載の

半導体加工装置。

4. 上記修復ビーム発生手段はレーザービーム発生器である特許請求の範囲第1項に記載の半導体加工装置。
5. 上記修復ビーム発生手段は電子ビーム発生器である特許請求の範囲第1項に記載の半導体加工装置。

3. 発明の詳細な説明

この発明は収束イオンビームを用いた半導体加工装置に関する。

半導体基板表面にイオン注入やイオンエッチングを施す半導体製造プロセスにおいて、高輝度でサブミクロンの単位で収束されたイオンビームが得られれば、直接半導体に走査してパターンを書き込み、マスクレス加工を実現することができる。上述の如き収束されたイオンビームを得る方法としては液体金属をイオン源として用いる方法又は電界電離型のイオン源を用いる方法が提案されている。上述の如き収束イオンビームを用いてマスクレス加工を行えば、工

損が簡略化されるばかりでなく、マスク材料の附層による半導体界面の汚染、損傷を防ぐことができ、高品質の半導体装置が得られる。

この発明の目的はドライエッチング、加工部分の観察及び修復を高真空内で順次行い損傷がなく高品質の加工が迅速に行える収束イオンビームを用いた半導体加工装置を提供するものである。このため、本発明によれば真空装置内に半導体試料をエッチング加工する収束イオンビーム発生手段と、試料の加工した状態を観察する観察ビーム発生手段と、加工部分に生じた欠陥部を修復する修復ビーム発生手段を備え、同一の高真空下で試料の加工、観察、修復を順次行うことにより、加工による損傷が修復され、高品質の加工を施された半導体が迅速に得られる。

この発明の一実施例を添付の図面に基いて詳細に説明すると、第1図において1は試料加工室であつて、試料加工室1の両側には加工すべき半導体試料12を供給するための供給室2及び

加工した試料を取り出すための取出室3がゲートバルブ4、5を介してそれぞれ接続され、加工室1、試料供給室2、試料取出室3にはそれぞれ排気パイプ6、7、8が接続され、室内を独立して真空になるよう構成されている。真空試料加工室1内中央には試料台9が設けられ、この試料台9上にはレール13が敷設され、このレール13は供給室から試料台9の周縁まで来たレール14と接続し、試料台の周縁から取出室に至るレール15と接続し、レール上を滑走する移動台10には圧電変換器11を介して試料12が固定されている。試料加工室1の下部には圧電変換器11からの信号取出端子16及び試料台の駆動信号用端子17がそれぞれ設けられ、それぞれの端子16、17は制御回路21と接続して、制御回路21よりの信号により試料台は公知の手段（図示せず）により所定の方角に移動、回転又は固定される。また、試料加工室1の上部には試料を加工するための装置として収束イオンビーム発生部18、試料の加工部分の状態を観察するための装置と

して電子ビーム発生部19、試料の加工部分に生じた損傷を修復するための装置としてレーザービーム発生部17、及び、照射したイオンビーム又は電子ビームにより放出される電子流を検出するための光電子増倍管18が設けられている。

試料を加工するための収束イオンビーム発生部18は第2図に示すように、ヘリウムガス導入管22と該ヘリウムガスを冷却するための液体窒素導入管23を備えた電界電離型イオン源22とイオン源の先端部22に対向して配設されたイオン引出電極24、及び絞り27、アインツェルレンズ（イオン集束レンズ）28、静電偏向板29より構成されている。

試料の加工した状態を観察するための電子ビーム発生部19は第3図にその一実施例を示す如く、電子ビーム発生源31と電子ビーム発生源の前方向軸上に設けられた絞り絞り32、マグネット集束レンズ33、マグネット偏向コイル34、対物レンズ35、顕微鏡36から構成されている。マグネット偏向コイル34には電子ビームを走査

するための信号と、この信号をパルス変調もしくはブランキングするための信号が重畳されている。このため電子ビーム発生源31より発射された電子ビームはマグネット偏向コイル34によりx方向及びy方向の所定軌跡に沿って走査されるとともに周波数500kHz程度のパルスに変調され、試料12へ照射される。

また、試料の加工部分に生じた損傷を修復するためのレーザービーム発生部17は第4図に示す如くATレーザー38と、レーザーの出力面に設けられたレーザー光の振動変換器39と、反射ミラー40、x軸方向偏向用ミラー41、y軸方向偏向用ミラー42、ハーフミラー43、集光レンズ44及び試料12よりの反射光を光電子増倍管18へ導くための反射ミラー45より構成されている。

上述の如き構成から成る半導体加工装置において、先ずゲートバルブ4により試料加工室1と隣接された試料供給室2内において試料挿入口より挿入した試料（半導体ウエハー）12を移動台10に圧電変換器11を介して固定し、排気

より排気して供給室2内を真空度 $10^{-6}$ トル程度とする。一方、試料加工室1内は $10^{-7}$ トル程度に常時維持されて居り、前記供給室2内が $10^{-6}$ トル程度の真空に達したら、ゲートバルブ4を開き、適当な手段により移動台10をレベル14上、13に沿って固定台9上に移動させ、固定台9は制御回路21よりの信号によりイオンビーム発生部13よりの収束イオンビームが試料上に所定の角度で照射、集束するような位置に回転、移動させた後に真空試料加工室1内に固定される。

上述の如く、試料12が固定されたら、制御回路21よりの信号によりイオンビーム発生部13から試料の加工箇所16に影響のない位置にイオンビームを照射して炭化膜をクロシ、深さ $0.5 \mu\text{m}$ クロシ程度の目合せパターン17を複数形成した後(第5図)、イオンビーム30を試料12へ照射して所定のパターンのエッチングをマスクレスで行う。試料へ照射するイオンビームのパターンは制御回路21の指令により決定される。この場

合、イオン源22へヘリウムイオンと液体窒素を供給し、引出し電極24へ印加する電圧を $8 \text{ kV}$ 、電流を $1 \sim 10 \mu\text{A}$ 程度とし、電極24を偏向電極として用いることにより、径が約 $300 \text{ \AA}$ に収束されたイオンビームが試料12へ照射され、膜17が形成される(第6(a)図)。一例として形成する膜の幅を $1 \mu\text{m}$ とする場合には前記収束イオンビームは、幅方向に少しずつずらしながら、繰り返し走査される。このようにして得られた加工部分(溝)18の加工表面には、通常イオン衝撃による結晶欠陥19が発生している。

試料に所定のパターンの加工が完了したら、同一真空内に於て、制御回路21よりの指令を端子32を介して試料固定台9へ送り、試料12が電子ビーム発生部16より照射される電子ビームの光軸に対して所望の角度と位置になるよう試料固定台を移動させた後、制御回路21の指令により電子ビーム37を照射する。この時最初、2次電子像観察により試料12中の目合せ用孔17を確

認し、次いで試料中のイオンビームによる加工部分(溝)18に沿って照射する(第6(b)図)。この場合の電子ビームの加速電圧を $30 \text{ kV}$ 、電流を $10 \sim 30 \mu\text{A}$ 程度とし、電子ビーム発生部16より照射された電子ビームは前述の如くマグネット偏向コイル24に設けられたパルス変換機能により周波数 $500 \text{ kHz}$ 程度のパルスに変換されて試料へ照射される。このときのビームの径は一例として加工部分(溝)18を充分に照射するような大きさとする。このように試料の加工部分に沿って照射したパルス状電子ビームは一般に加工後層より内部へ浸透して吸収され、前記電子ビーム強度及び前記照射部結晶欠陥19の程度に応じて局部的に熱を発生する。かかる局所熱は更に周期的熱応力を誘起する。かかる熱応力は熱励起超音波として試料中を伝播し、試料12の底面に密着している水晶圧電変換器11により電気信号に変換されて、出力信号は端子19を介して制御回路21へ送られる。従つて前述の如く試料の加工部分に損傷部分、欠陥部分19が存在す

ると電子ビームの吸収が増大し、その結果熱応力が増し、超音波の振幅が増大して変換器11に検出され、試料中の損傷、欠陥の程度、空間分布が判明する。このようにして試料の加工状態の観察を行い、圧電変換器11で得られた信号は制御回路21へ送られ、記憶される。

上記では電子ビームを用いて試料の加工部分を観察する実施例を述べたが、レーザービームを用いても観察することができる。即ち、上記と同様に試料の加工部分に沿ってレーザービームを照射すると、試料の照射部にて励起された電子及び正孔は、一定の寿命時間の後再結合する。この際に、加工部分に損傷部或は欠陥部が存在しないと前記再結合によりレーザー照射光は発光する。しかし欠陥部が存在すると非発光再結合が起り、同時に超音波が発生する。かかる超音波は欠陥部の状態により強弱の変化をする。この超音波を第3図と同様な手段で検出することにより試料の加工部分の欠陥状態の観察が行える。

上述の試料の加工状態の観察が完了したら、続いて試料固定台7を移動して試料12がレーザービーム発生部17のレーザービームの光軸に対して所望の角度と位置になるよう変更し、レーザー光源18より目合せのためのレーザービームを光学系を介して試料表面へ照射する。試料より反射したレーザービームはハーフミラー43を通過し、反射ミラー44により反射されて増倍管45へ送られる。このようにして試料上を走査するレーザービームは、まず目合せ孔47の照射によつて目合せパターン48を確認し、次いで制御回路20の指令により試料の加工部分49に当たつて照射し熱的に前記加工表面欠陥を修復する(第4(c)図)。レーザーの光線としては出力5W、波長 $680\text{nm}$ のArレーザーが用いられ、レーザービーム49の径は収束光学系通過後 $2\text{mm}$ 程度に集束される。ここでレーザー18の出力値には例えば電気光学結晶(リチウムタングネート)を用いた振幅変調器49が設けられ、制御回路20からの信号によりレーザー18より放射されるレ

ザービームの振幅が変調される。この変調信号は前記加工の損傷状態に応じて変調されたものである。このように試料の加工の損傷に応じてレーザービームの強度を制御するため、試料中の損傷の程度が場所によつて異つても、実質的に均質に損傷部或は欠陥部は回復されることになる。

上述の試料の加工部分の損傷、欠陥部の修復は第5図に示した電子ビーム発生装置で行うこともできる。この場合、損傷、欠陥の程度に応じて、加速電圧を $1\sim 30\text{KV}$ 、電流を $0\sim 100\text{mA}$ の範囲で制御し、走査速度を $10\text{mm}/\text{mm}$ 程度とすることにより欠陥部を均質に修復することができる。

上述の如く、試料の加工を行い、欠陥部の修復が完了したら、グートバルブ5を閉じ、移動台10をレール13、14に沿つて動かして加工した試料を取出室3へ移動させる。試料取出室は予め $10^{-6}$ トル程度の真空とされているためグートバルブ5を閉いても加工室1内の真空は維

ど変らない。このように試料を取出室3へ移動させたら、グートバルブ5を閉じて試料を外部に取出すとともに、新しい試料は供給室2に入れ、真空にした後、グートバルブ5を開いて試料加工室1内へ送り込む。従つて装置を簡単にするため、試料の供給室と取出室を共通の一つの室とすることもできる。

又、欠陥部の修復手段として電子ビーム発生装置を用いる場合は、観察用の電子ビーム発生装置を共用することができるので、レーザービーム発生手段17を省くことができる。逆に試料の加工した状態を観察する手段として、レーザービーム発生手段を用いる場合は修復手段としてのレーザービーム発生手段を共用することができるので、電子ビーム発生手段16は省くことができる。装置全体を簡略化することができる。

以上で明らかなように、この発明によれば、真空装置内に半導体試料を加工するビーム発生手段、試料の加工した状態を観察するビーム発生手段及び試料の加工部分に生じた欠陥部を

復するビーム発生手段を設け、試料の加工手段として収束イオンビーム発生装置を用いるので、マスクレスの加工が行え、続いて同一真空内で加工した状態を観察、記憶し、損傷の程度に応じて修復処理をする。従つてこれまでの加工、観察、修復を別個に行つていた場合に比べ、製造プロセスが迅速となり、経済性が飛躍的に向上する。その上、高真空な環境下で加工が行えるため高品質な半導体装置を得ることができる。特に、結晶表面が化学的に不安定で、製造工程中に、大気中の酸素や水分により変質したり、あるいはマスクパターンの付着により膜肉が汚染されあるいはガリウム酸素( $\text{GaAs}$ )の如き化合物半導体の加工に本発明は最適である。

#### 1. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による半導体加工装置の一実施例を示す概略構成図。

第2図は第1図の半導体加工装置の収束イオンビームを発生する手段の概略構成図。

第3図は第1図の装置の電子ビーム発生手段

の概略構成図。

第4図は第1図の装置のレーザービーム発生手段の概略構成図。

第5図は半導体試料に目合せ用孔を設けた状態を示す平面図。

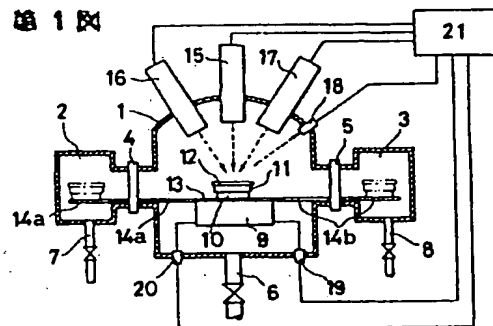
第6図は半導体の加工工程状態を示す断面図。

図中、1は試料加工室、2は試料供給室、3は試料取出室、12は試料、13は収束イオンビーム発生手段、14は電子ビーム発生手段、17はレーザービーム発生手段、19は制御回路、24は試料の加工部分、25は試料の欠陥部を示す。

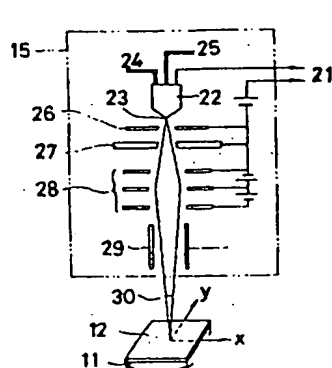
特許出願人 工業技術院長

石坂誠一

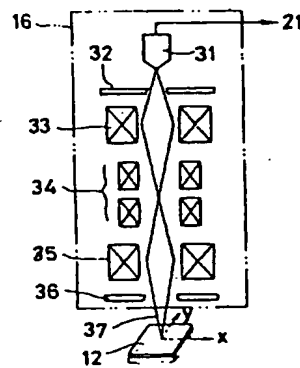
第1図



第2図

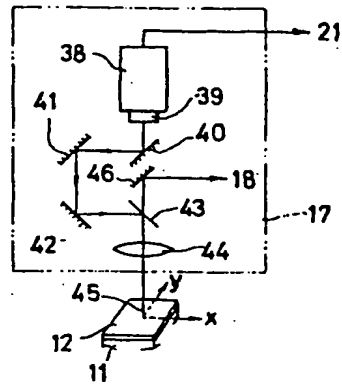


第3図

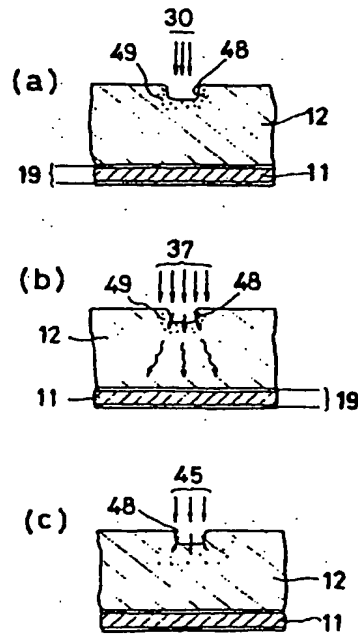




第4図



第6図



第5図

